

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

Кафедра лесоводства

А.Е. Морозов
Н.И. Стародубцева

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Методические рекомендации
для выполнения практических занятий обучающимися
по направлениям подготовки
05.03.06 «Экология и природопользование»,
35.03.01 «Лесное дело», 35.03.05 «Садоводство»,
по дисциплине «Метеорология и климатология»

Екатеринбург
2019

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛП.
Протокол № 2 от 5 октября 2018 г.

Рецензент – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры
лесоустройства и лесной таксации О.В. Сычугова

Редактор К.В. Смирнова
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упорова

Подписано в печать 21.08.19		Поз. 12
Плоская печать	Формат 60×84 ¹ / ₁₆	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 3,25	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ПОНЯТИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА, ЕГО ВИДЫ, ЦЕЛИ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ, СПОСОБЫ СБОРА ДАННЫХ.....	5
2. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ.....	9
3. ЛОКАЛЬНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И КОНТРОЛЬ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА.....	10
3.1. Нормативы качества атмосферного воздуха.....	10
3.2. Виды источников загрязнения атмосферы.....	16
3.3. Влияние метеорологических условий на характер рассеивания загрязняющих веществ.....	19
3.4. Организация наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха.....	21
3.5. Приборы и оборудование для проведения контроля и мониторинга атмосферного воздуха.....	24
3.6. Требования к метрологическому обеспечению инструментального контроля и мониторинга состояния атмосферного воздуха.....	27
4. ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА.....	30
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	42
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	43
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	44
Приложение 1. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно-безопасные уровни воздействия (ОБУВ) некоторых наиболее распространенных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.....	44
Приложение 2. Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых наиболее распространенных вредных веществ в воздухе рабочей зоны.....	49
Приложение 3. Вещества, выброс которых в атмосферу запрещен.....	52
Приложение 4. Перечень некоторых веществ, обладающих эффектом суммации.....	55

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации направлены на закрепление учебного материала по разделу «Экологический мониторинг и контроль состояния и загрязнения атмосферного воздуха» дисциплины «Метеорология и климатология».

Экологическая ситуация в Российской Федерации характеризуется высоким уровнем антропогенного воздействия на природную среду и значительными экологическими последствиями прошлой экономической деятельности.

Одними из важных задач государственной политики в области экологического развития являются совершенствование системы государственного экологического мониторинга (мониторинга окружающей среды) и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также изменений климата; формирование экологической культуры, развитие экологического образования и воспитания.

При решении задачи создания современной системы государственного экологического мониторинга (мониторинга окружающей среды) и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также изменений климата используются следующие механизмы:

а) создание и развитие единой автоматизированной государственной системы экологического мониторинга, оснащенной современной измерительной, аналитической техникой и информационными средствами;

б) внедрение методов учета негативного воздействия на окружающую среду с использованием инструментальных (автоматизированных) систем;

в) обеспечение развития сети наблюдений и программ обработки данных, позволяющих своевременно получать достоверную информацию о состоянии окружающей среды;

г) использование результатов экологического мониторинга при осуществлении мероприятий по охране окружающей среды, принятии решений о реализации намечаемой экономической и иной деятельности, осуществлении государственного экологического надзора, а также при составлении прогнозов социально-экономического развития.

Методические указания содержат информацию об организации государственного экологического мониторинга состояния и загрязнения атмосферного воздуха, проведения производственного экологического контроля, локального экологического мониторинга и инструментального контроля состояния атмосферного воздуха.

1. ПОНЯТИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА, ЕГО ВИДЫ, ЦЕЛИ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ, СПОСОБЫ СБОРА ДАННЫХ

Под *экологическим мониторингом (мониторингом окружающей среды)* понимаются комплексные наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, а также оценка и прогноз изменений состояния окружающей среды.

Существуют различные виды экологического мониторинга, которые можно классифицировать по следующим признакам:

- размерам охватываемой территории;
- объектам слежения.

По *размерам охватываемой территории*, в свою очередь, выделяют локальный, региональный, национальный и глобальный виды мониторинга.

Локальный мониторинг предполагает экологические исследования взаимодействия человека и природы в масштабах конкретной, относительно небольшой по площади территории (производственного предприятия, особо охраняемой природной территории и пр.).

Региональный мониторинг охватывает территорию всего субъекта Российской Федерации (области, края, автономного округа, республики).

Национальный мониторинг проводится в пределах целого государства (например, Российской Федерации).

Глобальный мониторинг проводится на территории всей биосферы планеты Земля с участием различных государств.

По *объектам слежения* выделяют мониторинг фоновый (базовый), импактный и тематический.

В рамках *фонового мониторинга* ведутся исследования, направленные на выявление изменений природных сред и комплексов под воздействием естественных факторов.

Под *импактным мониторингом* понимается наблюдение, оценка и прогноз состояния природной среды в районах расположения опасных и потенциально опасных источников антропогенного воздействия. Примером импактного мониторинга является производственный экологический мониторинг.

Тематический мониторинг – мониторинг, направленный на сбор конкретной специфической информации о состоянии и изменении природных компонентов либо объектов, например, лесопатологический мониторинг, мониторинг объектов животного мира и др.

Основные цели экологического мониторинга состоят в обеспечении системы управления природоохранной деятельностью и экологической

безопасностью, своевременной и достоверной информацией, позволяющей:

- 1) оценить показатели состояния и функциональной целостности экосистем и среды обитания человека;
- 2) выявить причины изменения этих показателей и оценить последствия таких изменений;
- 3) создать предпосылки для определения мер по исправлению возникающих негативных ситуаций до того, как будет нанесен ущерб.

Исходя из основных целей, экологический мониторинг должен быть ориентирован на обеспечение соблюдения требований законодательства в области охраны окружающей среды, диагностику состояния экосистем и раннее предупреждение их негативных изменений.

Основные задачи экологического мониторинга:

- 1) наблюдение за источниками антропогенного воздействия;
- 2) наблюдение за факторами антропогенного воздействия;
- 3) наблюдение за состоянием природной среды и происходящими в ней процессами под влиянием факторов антропогенного воздействия;
- 4) оценка фактического состояния природной среды;
- 5) прогноз изменения состояния природной среды под влиянием факторов антропогенного воздействия и оценка прогнозируемого состояния природной среды.

Существует два основных способа сбора данных о состоянии и загрязнении окружающей среды при проведении мониторинга: наземный (контактный) и дистанционный (бесконтактный).

Наземный (контактный) способ предполагает проведение непосредственных действий в отношении исследуемых компонентов окружающей среды (измерений, отбора проб, наблюдений и др.). При этом исследователь непосредственно контактирует с изучаемыми экосистемами.

Дистанционный (бесконтактный) способ предполагает использование электронных измерительных устройств дистанционного наблюдения в режиме реального времени. При этом непосредственный контакт с изучаемыми экосистемами исключается.

Использование электронных измерительных устройств дистанционного наблюдения проводят, используя подключения к базовой станции, либо через телеметрическую сеть, либо через наземные линии, сотовые телефонные сети или другие телеметрические системы.

Преимуществом дистанционного наблюдения является то, что в одной базовой станции для хранения и анализа могут использоваться многие каналы данных. Это резко повышает оперативность мониторинга при достижении пороговых уровней контролируемых показателей, например, на отдельных участках контроля. Такой подход позволяет по данным мониторинга предпринять немедленные действия, если пороговый уровень превышен.

Использование систем дистанционного наблюдения требует установки специального оборудования (датчиков мониторинга), которые обычно маскируются для снижения вандализма и воровства, когда мониторинг проводится в легко доступных местах.

В программах мониторинга широко задействовано дистанционное зондирование окружающей среды с использованием самолетов, спутников, беспилотных летательных аппаратов, снабженных многоканальными датчиками. Различают два вида дистанционного зондирования: пассивное и активное.

Пассивное предполагает обнаружение земного излучения, испускаемого или отраженного от объекта или в окрестностях наблюдения. Наиболее распространенным источником излучения является отраженный солнечный свет, интенсивность которого измеряется пассивными датчиками. Датчики дистанционного зондирования окружающей среды настроены на конкретные длины волн – от инфракрасного до ультрафиолетового, включая видимый свет.

При **активном** дистанционном зондировании со спутника или самолета излучается поток энергии и используется пассивный датчик для обнаружения и измерения излучения, отраженного или рассеянного объектом изучения. Для получения информации о топографических характеристиках исследуемой области часто используется технология ЛИДАР (LIDAR), что особенно эффективно, когда территория велика и ручная съемка будет дорогостояща.

LIDAR (Light Identification Detection and Ranging, или «обнаружение, идентификация и определение дальности с помощью света») – технология получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления поглощения и рассеяния света в оптически прозрачных средах.

Сканирующие ЛИДАРЫ в системах машинного зрения формируют двумерную или трёхмерную картину окружающего пространства.

«Атмосферные» ЛИДАРЫ способны не только определять расстояния до непрозрачных отражающих целей, но и анализировать свойства прозрачной среды, рассеивающей и поглощающей свет.

Разновидностью атмосферных ЛИДАРОВ являются доплеровские ЛИДАРЫ, определяющие направление и скорость перемещения воздушных потоков в различных слоях атмосферы.

Устоявшийся перевод термина LIDAR как «лазерный радар» не вполне корректен, так как в системах ближнего радиуса действия (например, предназначенных для работы в помещениях), главные свойства лазера – когерентность, высокие плотность и мгновенная мощность излучения – не востребованы; излучателями света в таких системах могут служить обычные светодиоды. Однако в основных сферах применения

технологии (метеорология, геодезия и картография) с радиусами действия от сотен метров до сотен километров используются только лазеры.

Громадные объемы данных, которые собираются при дистанционном зондировании окружающей среды, требуют мощной вычислительной поддержки. Это позволяет проводить анализ слабо отличающихся различий в радиационных характеристиках среды в данных дистанционного зондирования, успешно исключать шумы и «ложные цветовые изображения». При нескольких спектральных каналах удается усилить контрасты, которые незаметны для человеческого глаза. В частности, при задачах мониторинга биоресурсов можно различать тонкие отличия изменения концентрации в растениях хлорофилла, обнаружив области с различием питательных режимов.

Дистанционное зондирование позволяет собирать данные об опасных или труднодоступных районах. Дистанционное зондирование применяется, в частности, при мониторинге лесов, изменениях климата, исследованиях прибрежных и океанских глубин.

Данные с орбитальных платформ, полученные из различных частей электромагнитного спектра в сочетании с наземными данными, позволяют получить информацию для контроля тенденций проявления долгосрочных и краткосрочных явлений, природных и антропогенных. Другие области применения включают управление природными ресурсами, планирование использования земельных ресурсов.

Актуальность использования метода дистанционного зондирования Земли определяет высокая информативность космических изображений, полученных в различных частях спектра, их относительно низкая стоимость получения. Кроме того, космические снимки покрывают обширные, в том числе труднодоступные, территории в один момент времени и в одинаковых физических условиях и позволяют решать следующие задачи:

- 1) контроль динамики атмосферных фронтов, ураганов, получение карт территории крупных стихийных бедствий;
- 2) оперативный контроль и классификация загрязнения почвы и водной поверхности;
- 3) обнаружение крупных или постоянных выбросов промышленных предприятий;
- 4) контроль техногенного влияния на состояние лесопарковых зон;
- 5) обнаружение крупных пожаров и выделение пожароопасных зон в лесах;
- 6) выявление тепловых аномалий и тепловых выбросов промышленных предприятий;
- 7) регистрацию дымных шлейфов от труб;
- 8) наблюдение и прогноз сезонных паводков и разливов рек;
- 9) обнаружение и оценку масштабов зон крупных наводнений.

Важным моментом при проведении мониторинга также является правильная интерпретация (научно-обоснованное толкование) собранных данных. В свою очередь, неправильная интерпретация данных мониторинга может обесценить всю собранную информацию.

2. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Государственный экологический мониторинг (государственный мониторинг окружающей среды) является примером национального мониторинга. Данный вид мониторинга осуществляется согласно Федеральному закону от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» в рамках Единой системы государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) федеральными органами исполнительной власти, органами государственной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с их компетенцией, установленной законодательством Российской Федерации, посредством создания и обеспечения функционирования наблюдательных сетей и информационных ресурсов в рамках подсистем единой системы государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), а также создания и эксплуатации государственного фонда данных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти.

Совершенствование системы государственного экологического мониторинга (мониторинга окружающей среды) и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также изменений климата является одной из важных задач-основ государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Президентом РФ 30.04.2012 г.).

Стратегической целью государственной политики в области экологического развития является решение социально-экономических задач, обеспечивающих экологически ориентированный рост экономики, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов для удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений; реализация права каждого человека на благоприятную окружающую среду; укрепление правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечение экологической безопасности.

При решении задачи создания современной системы государственного экологического мониторинга (мониторинга окружающей среды) и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также изменений климата используются следующие механизмы:

а) создание и развитие единой автоматизированной государственной системы экологического мониторинга, оснащенной современной измерительной, аналитической техникой и информационными средствами;

б) внедрение методов учета негативного воздействия на окружающую среду с использованием инструментальных (автоматизированных) систем;

в) обеспечение развития сети наблюдений и программ обработки данных, позволяющих своевременно получать достоверную информацию о состоянии окружающей среды;

г) использование результатов экологического мониторинга при осуществлении мероприятий по охране окружающей среды, принятии решений о реализации намечаемой экономической и иной деятельности, осуществлении государственного экологического надзора, а также при составлении прогнозов социально-экономического развития.

3. ЛОКАЛЬНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И КОНТРОЛЬ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

3.1. Нормативы качества атмосферного воздуха

В системе локального мониторинга атмосферного воздуха наиболее важным является контроль следующих показателей:

- химический и радионуклидный составы атмосферы;
- химический и радионуклидный составы твердых и жидких осадков (снег и дождь);
- тепловое загрязнение атмосферы;
- шумовое загрязнение атмосферы;
- электромагнитное излучение от производственных объектов.

Антропогенное загрязнение атмосферы является неизбежным следствием эксплуатации технологических установок и агрегатов в современном промышленном производстве. Под загрязнением атмосферы понимают изменение ее состава и физических свойств в результате наличия примесей и волновых процессов. Вклад в загрязнение атмосферы вносят и природные процессы (так называемое естественное загрязнение атмосферы, например, в результате деятельности вулканов, поступления загрязняющих веществ из тектонических разломов земной коры, переноса пыли ветром и пр.).

Процесс химического загрязнения атмосферы сопровождается поступлением в нее вредных веществ.

Вредное вещество – вещество, которое при контакте с организмом человека может вызвать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе воздействия вещества, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

В соответствии с российским законодательством все предприятия, имеющие потенциальную возможность выброса в атмосферу различных

загрязняющих веществ, обязаны измерять их объемы, контролировать концентрацию и учитывать источники выделения. В случае если количество выбросов превышает допустимые значения – принимать меры для их уменьшения. Методы снижения уровня загрязняющих атмосферу веществ могут быть различными – от изменения режимов технологического процесса до использования нового оборудования. Самый доступный, распространенный и известный – это очистка выбросов, отводимых в атмосферу от стационарных источников. Как правило, для реализации этого метода используют газоочистные установки.

Основой регулирования качества атмосферного воздуха населенных мест являются гигиенические нормативы – предельно допустимые концентрации атмосферных загрязнений химических и биологических веществ. Соблюдение нормативов обеспечивает отсутствие прямого или косвенного влияния на здоровье населения и условия его проживания.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных мест – гигиенический норматив, утверждаемый постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации по рекомендации Комиссии по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию при Минздраве России.

ПДК загрязняющего вещества в атмосферном воздухе – концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни.

ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 22.12.2017 г. (ГН 2.1.6.3492-17).

Величины ПДК приводятся в мг вещества на 1 м³ воздуха (мг/м³). Перечень ПДК, помимо традиционных разделов (названий веществ, значений максимальной разовой и среднесуточной ПДК, класса опасности веществ), включает лимитирующий показатель вредности, в соответствии с которым обоснована ПДК.

Лимитирующий (определяющий) показатель вредности характеризует направленность биологического действия вещества: **рефлекторное** (рефл.) и **резорбтивное** (рез.).

Под **рефлекторным** действием понимается реакция со стороны рецепторов верхних дыхательных путей – ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержка дыхания и т. п. Указанные эффекты возникают при кратковременном воздействии вредных веществ, поэтому рефлекторное действие лежит в основе установления максимальной разовой ПДК (ПДК_{м.р.}).

Под **резорбтивным** действием понимают возможность развития общетоксических, гонадотоксических, эмбриотоксических, мутагенных, канцерогенных и других эффектов, возникновение которых зависит не только от концентрации вещества в воздухе, но и от длительности вдыхания. С целью предупреждения развития резорбтивного действия устанавливается среднесуточная ПДК (ПДК_{с.с.}).

Некоторые красящие вещества (красители), не оказывая на уровне низких концентраций ни рефлекторного, ни резорбтивного действия, при их осаждении из воздуха могут придавать необычную окраску объектам окружающей среды, например, снегу, тем самым создавая у человека ощущение опасности или санитарно-гигиенического дискомфорта. В связи с этим для красителей в качестве лимитирующего показателя устанавливается санитарно-гигиенический, который позволяет при соблюдении ПДК избежать появления необычной окраски объектов окружающей среды.

ПДК_{м.р.} и ПДК_{с.с.} в атмосферном воздухе должны отличаться друг от друга, так как в данной точке максимальная разовая (20–30 минутная) концентрация всегда больше средней концентрации за те же сутки, при этом не исключается возможность риска возникновения неблагоприятных эффектов той или иной степени выраженности.

При отсутствии установленных нормативов ПДК могут применяться показатели **ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ)** – временные (введенные на время) ориентировочные гигиенические нормативы (ГН) содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест, в водоемах, продуктах питания и других объектах. Определяются путем расчета по параметрам токсикометрии и по физико-химическим свойствам и утверждаются на ограниченный срок (2–3 года), после чего должны быть заменены на ПДК, должен быть переутвержден новый срок или отменен (в зависимости от перспективы применения веществ и имеющейся информации о токсичных свойствах).

В приложении 1 приведен перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-безопасных уровней воздействия (ОБУВ) для некоторых наиболее распространенных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны – гигиенический норматив для использования при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции, для контроля за качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 13.02.2018 г. № 25 (ГН 2.2.5.3532-18).

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе при ежедневной работе (кроме выходных дней) в течение 8 ч и не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не должны вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. При этом воздействие вредного вещества на уровне ПДК не исключает нарушение состояния здоровья у лиц с повышенной чувствительностью.

ПДК в воздухе рабочей зоны для большинства веществ являются максимальными разовыми. Для веществ, обладающих свойством накапливаться с течением времени в организме человека, наряду с максимальной установлена среднесменная ПДК. Это средняя концентрация, полученная при отборе проб воздуха за промежуток времени длительностью не менее 75% продолжительности рабочей смены, или средневзвешенная концентрация за всю рабочую смену в зоне дыхания работающих на местах постоянного или временного их пребывания.

Для нормирования качества атмосферного воздуха в производственных условиях используется понятие *«рабочая зона»*, под которым понимается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного (непостоянного) пребывания работающих.

Постоянное рабочее место – место, на котором работающий находится большую часть своего рабочего времени (более 50 % или более 2 ч непрерывно). Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

В приложении 2 приведен перечень предельно-допустимых концентраций для некоторых наиболее распространенных вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Для ряда наиболее опасных загрязняющих веществ выброс в атмосферный воздух запрещен гигиеническими нормативами ГН 2.1.6.3492-17 (2017 г.). В приложении 3 приведен перечень загрязняющих веществ, выброс которых в атмосферу запрещен.

При совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, обладающих суммацией действия, сумма концентраций не должна превышать 1 (единицы) при расчете по формуле:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1, \quad (3.1)$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – фактические концентрации веществ в атмосферном воздухе среды обитания человека;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ – предельно допустимые концентрации тех же веществ.

При совместном присутствии в атмосферном воздухе азота диоксид и серы диоксид обладают частичной суммацией действия, сумма их концентраций не должна превышать 1,6 при расчете по формуле:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,6, \quad (3.2)$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – фактические концентрации веществ в атмосферном воздухе;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ – предельно допустимые концентрации тех же веществ в атмосферном воздухе.

Не обладают эффектом суммации 2-, 3- и 4-компонентные смеси, включающие диоксид азота и/или сероводород и входящие в состав многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха, если удельный вес концентраций одного из них, выраженный в долях соответствующих максимальных разовых ПДК, составляет в:

- 2-компонентной смеси более 80 %;
- 3-компонентной – более 70 %;
- 4-компонентной – более 60 %;

В приложении 4 приведен перечень веществ, обладающих эффектом суммации.

Для обеспечения экологической безопасности населения и природной среды необходимо, чтобы количество выбрасываемого в атмосферу вещества в единицу времени (мощность выброса) источником загрязнения атмосферы не приводило к превышению ПДК этого соединения.

С этой целью для каждого источника загрязнения устанавливается предельно допустимый выброс вредных веществ в атмосферу (ПДВ), при котором выбросы вредных веществ отданного источника и от совокупности источников населенного пункта, с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере, не создают приземную концентрацию (т. е. на высоте 1,5–2,5 м от поверхности земли), превышающую их ПДК.

В основе регламентирования ПДВ лежат санитарно-гигиенические нормативы (ПДК), направленные, в первую очередь, на охрану здоровья человека. В то же время в большинстве случаев установленные действующим законодательством значения ПДК не обеспечивают защиту всех компонентов природной среды, в том числе растительности.

В целях обеспечения защиты растительности В.С. Николаевским и Т.В. Николаевской (1988 г.) были разработаны ПДК некоторых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для растений, в том числе, для древесных (Николаевский, 1988 г.).

В таблице 3.1 приведены предложенные В.С. Николаевским и Т.В. Николаевской ПДК для растений и дано их сравнение с гигиеническими нормативами ПДК для человека по состоянию на 1988 и 2018 гг.

Таблица 3.1

ПДК некоторых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе
для растений (по В.С. Николаевскому и Т.В. Николаевской)
и человека, мг/м³

Загрязняющее вещество	ПДК по В.С. Николаевскому и Т.В. Николаевской		Санитарно-гигиенические нормативы ПДК в атмосферном воздухе для человека, максимальные разовые	
	растения в целом	в том числе, древесные породы	на 1988 г.	на 2018 г.
Серы диоксид (O ₂ S)	0,02	0,03	0,5	0,5
Азота диоксид (NO ₂)	0,02	0,04	0,085	0,2
Аммиак (NH ₃)	0,05	0,1	0,2	0,2
Бензол (C ₆ H ₆)	0,1	0,1	1,5	0,3
Дигидросульфид (сероводород) (SH ₂)	0,02	0,008	0,008	0,008
Формальдегид (CH ₂ O)	0,02	0,02	0,035	0,05
Хлор (Cl)	0,25	0,025	0,1	0,1
Метанол (CH ₄ O)	0,2	0,1	1,0	1,0

Как видим из таблицы 3.1, за 30-летний период (с 1988 по 2018 гг.) произошло ужесточение санитарно-гигиенических нормативов ПДК в атмосферном воздухе загрязняющих веществ в отношении бензола (с 1,5 до 0,3 мг/м³). В отношении азота диоксида и формальдегида произошло, напротив, смягчение нормативов (с 0,085 до 0,2 и с 0,035 до 0,05 мг/м³ соответственно). При этом во всех случаях ПДК для растений, предложенные В.С. Николаевским, остаются намного жестче действующих санитарно-гигиенических нормативов. Вместе с тем ПДК для растений не нашли отражения в действующих нормативных актах и остались по ряду причин лишь на уровне научных разработок.

В настоящее время переход от санитарно-гигиенических принципов нормирования качества окружающей среды к экологическим находится в Российской Федерации на начальной стадии.

3.2. Виды источников загрязнения атмосферы

Степень загрязнения атмосферы зависит от количества выбросов вредных веществ и их химического состава, от высоты, на которой осуществляется выброс, от метеорологических условий, определяющих перенос, рассеивание и превращение выбрасываемых веществ.

В выбросах предприятий различных отраслей промышленности и транспорта содержится большое число различных вредных примесей. Наиболее распространенными загрязняющими веществами, поступающими в атмосферу из большинства источников, являются диоксид серы, пыль, оксид и диоксид углерода, оксиды азота (NO_x).

При нарушении режима горения (при сжигании, например, газа в условиях недостаточного количества воздуха или при охлаждении пламени горелки) в атмосферу выбрасываются углеводороды, в том числе ароматические и полициклические, относящиеся к канцерогенным веществам.

Источником загрязнения атмосферы называется объект, выделяющий загрязняющие атмосферу вещества. Источники загрязнения можно подразделить на источники выделения и источники выброса загрязняющих веществ. Источник выделения ЗВ – объект (технологическая установка, агрегат, машина или технологический процесс), в котором возникают и из которого выделяются ЗВ, но не поступают на этой стадии в атмосферу. Источник выброса ЗВ – объект (устройство, механизм, установка), от которого ЗВ поступает в атмосферу.

Как правило, организация выбросов ЗВ осуществляется по следующей схеме: источник выделения – установки очистки, обезвреживания, утилизации – источник выброса.

Приказом Минприроды России от 06.06.2017 г. № 273 утверждены методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе. Настоящие Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (далее – Методы) предназначены для расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных (загрязняющих) веществ (за исключением радиоактивных веществ).

Методы применяются юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями для выполнения расчетов рассеивания выбросов ЗВ в атмосферном воздухе в двухметровом слое над поверхностью Земли на расстоянии не более 100 км от источника выброса, а также для определения вертикального распределения концентраций ЗВ при:

1) определении нормативов выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух;

2) разработке перечня мероприятий по охране окружающей среды в составе разделов проектной документации;

3) обосновании ориентировочных размеров санитарно-защитных зон;

4) разработке и обосновании организационно-технических мероприятий, оказывающих влияние на уровень загрязнения атмосферного воздуха, при оценке их результатов;

5) оценке воздействия намечаемой хозяйственной или иной деятельности на качество атмосферного воздуха;

6) оценке краткосрочных и долгосрочных уровней загрязнения атмосферного воздуха и соответствующих концентраций загрязняющих атмосферу веществ, создаваемых всеми источниками выброса, исключая рассматриваемые (непосредственно учитываемые в расчете рассеивания выбросов) (далее – фоновые концентрации ЗВ).

В зависимости от высоты отверстия H (устья источника выброса), через которое содержащая ЗВ пылегазовоздушная смесь поступает в атмосферный воздух, источники выбросов относятся к наземным (при H до 2 м включительно), низким (от 2 до 10 м включительно), средней высоты (от 10 до 50 м включительно) и высоким (свыше 50 м).

Для наземных источников выбросов высота H при расчетах принимается равной 2 м. Различают точечные, линейные и плоские (площадные) источники загрязнений атмосферы.

Точечным называется источник, выбрасывающий ЗВ в атмосферу из установленного отверстия. Точечные источники (трубы, шахты, факелы, вентиляционные каналы и т. д.) выделяют ЗВ в точках, расположенных так, что наложение областей распространения примесей в циркуляционной зоне за отдельно стоящим зданием или в пределах межкорпусного пространства отсутствует.

Линейным является источник, выбрасывающий ЗВ в атмосферу по установленной линии. Линейные источники имеют значительную протяженность в направлении, перпендикулярном ветру (аэрационные фонари, открытые оконные проемы, технологические линии и т. д.) и расположены, как правило, в наветренной циркуляционной зоне.

Точечные источники, области распространения примесей которых налагаются друг на друга в пределах примыкающей к зданию половинны наветренной циркуляционной зоны, также относят к линейным источникам.

Принципиальным отличием линейных источников от точечных является практически постоянная концентрация ЗВ в любой точке приземного слоя; напротив, при действии точечных источников распространения примесей концентрация изменяется, ее максимум отмечается по оси факела.

Плоским или **площадным** называются рассредоточенные на обширной территории источники неорганизованного выброса (ввиду негерметичности, отсутствия системы газоотвода) или группы однотипных источников организованного выброса (отвалы, шламонакопители, полигоны отходов, открытые резервуары, разливы загрязняющих веществ на поверхности почвы, совокупность мелких вентиляционных источников).

По времени действия источники выбросов подразделяют на постоянные, периодические и залповые.

Постоянным называется источник, выбрасывающий в атмосферу ЗВ непрерывно в течение длительного периода времени. Именно источники постоянного выброса ЗВ вносят основной вклад в загрязнение промплощадок и прилегающей территории при нормальном функционировании объектов.

Периодическим называется источник, выбрасывающий в атмосферу ЗВ периодически, в течение относительно короткого периода времени.

Залповым называется источник, выбрасывающий в атмосферу за короткий промежуток времени большое количество вредных веществ. Залповые выбросы возможны при авариях или взрывных работах. Иногда при залповых выбросах ЗВ выбрасываются в доли секунды на значительную высоту.

По степени подвижности различают стационарные и подвижные источники выбросов.

Стационарные – это источники, которые в процессе образования, выделения и выброса ЗВ не изменяют своих координат в пространстве.

Подвижные источники меняют свое местонахождение с течением времени, например автотранспорт.

По степени оснащённости средствами защиты атмосферы источники выбросов делятся на оснащённые и неоснащённые.

Оснащённые имеют средства защиты атмосферы от выбросов ЗВ в виде установок и аппаратов газоочистки и пылеулавливания.

Неоснащённые – выбрасывают ЗВ в атмосферу без очистки.

По характеру действия различают организованные и неорганизованные промышленные выбросы.

Организованные – это промышленные выбросы, поступающие в атмосферу через специально сооруженные газоходы, воздухопроводы, трубы.

Неорганизованные промышленные выбросы поступают в атмосферу в виде ненаправленных потоков газа в результате нарушения герметичности оборудования, отсутствия или неудовлетворительной работы оборудования по отсосу газа в местах загрузки, выгрузки или хранения продукта.

Типы основных источников загрязнения атмосферы приведены на рисунке.



Типы основных источников загрязнения атмосферы

3.3. Влияние метеорологических условий на характер рассеивания загрязняющих веществ

При постоянных параметрах выбросов уровень загрязнения атмосферы существенно зависит от метеорологических условий: направления, условий переносов и распространения примесей в атмосфере, интенсивности солнечной радиации, определяющей фотохимические превращения примесей и возникновение вторичных продуктов загрязнения воздуха, количества и продолжительности атмосферных осадков, приводящих к вымыванию примесей из атмосферы, а также при образовании облаков и туманов.

Основным метеорологическим элементом, осуществляющим рассеивание ЗВ, является горизонтальное перемещение воздуха вдоль земной поверхности (*ветер*).

Одной из важных характеристик погоды является *инверсия*, т. е. состояние атмосферы, при котором температура увеличивается с высотой. Такая вертикальная стратификация препятствует развитию турбулентности и ограничивает зону атмосферного перемешивания.

Влияние метеоусловий проявляется по-разному при холодных и горячих выбросах из высоких и низких труб. Концентрации примеси в приземном слое атмосферы под факелом дымовых и вентиляционных труб распределяются следующим образом. Вблизи источника при отсутствии низких, и особенно неорганизованных, выбросов концентрация примеси мала. Она увеличивается и достигает максимума на некотором расстоянии от трубы. Максимум и характер изменения концентрации с расстоянием зависят от мощности выброса, высоты трубы, температуры и скорости выбрасываемых газов, а также от метеоусловий. Чем выше источник выбросов, тем больше рассеивается примесь в атмосфере, прежде чем достигнет подстилающей поверхности. Наибольшего значения концентрация обычно достигает на расстоянии 10–40 высот труб. Таким образом, опасные для здоровья человека концентрации ЗВ от таких источников, например, 20 высот труб, будут наблюдаться на площади 10–100 км². Однако для хвойных лесов, чувствительность которых к загрязнению атмосферы в несколько раз выше чем у человека, площадь поражения растительности при этих же условиях может достигать 100–1000 км².

Следует подчеркнуть, что на промплощадке загрязнение приземного слоя может быть повышенным за счет неорганизованных выбросов.

Скорость ветра способствует переносу и рассеиванию примесей за счет возрастания перемешивания воздушных слоев. При слабом ветре в районе высоких источников выброса концентрация у земли уменьшается за счет увеличения подъема факела и уноса примеси вверх. Подъем примеси особенно значителен при нагретых выбросах. При сильном ветре начальный подъем примеси уменьшается, но происходит возрастание скорости переноса примеси на значительные расстояния. Скорость ветра на установленной высоте, при которой приземная концентрация от источника примеси достигает максимального значения, называется опасной. Опасная скорость ветра зависит от параметров выброса. Для мощных источников выбросов (ТЭЦ, металлургических и химических заводов) с большим перегревом дымовых газов относительно окружающего воздуха она составляет 5–7 м/с. Для источников со сравнительно малым объемом выбросов и низкой температурой газов, например, котельных, она составляет 1–2 м/с. Неустойчивость направления ветра способствует усилению рассеивания по горизонтали и снижению приземных концентраций примесей.

Солнечная радиация обуславливает фотохимические реакции в атмосфере и образование вторичных продуктов, обладающих часто более токсичными свойствами чем сами примеси. В результате фотохимического эффекта в ясные солнечные дни в загрязненном воздухе формируется фотохимический смог.

При туманах концентрация примесей может значительно увеличиться. С туманами связаны влажные смоги, при которых в течение

продолжительного времени удерживаются высокие концентрации вредных примесей.

На распространение примесей влияют также упорядоченные вертикальные перемещения воздуха, обусловленные неоднородностью подстилающей поверхности. В условиях пересеченной местности на наветренных склонах возникают восходящие, а на подветренных – нисходящие потоки воздуха. При нисходящих потоках приземные концентрации увеличиваются, при восходящих – уменьшаются. Большую роль играют водные поверхности. Так, летом над водоемами образуются восходящие потоки, а в прибрежных районах – нисходящие. В некоторых формах рельефа, например в котловинах, воздух застаивается, что приводит к накоплению ЗВ, особенно при низких источниках выбросов. В холмистой местности максимумы приземной концентрации примесей обычно выше, чем при отсутствии неровностей рельефа.

На рассеивание примесей в условиях города существенное влияние оказывает планировка улиц, их ширина, направление, высота зданий, наличие зеленых массивов и водных объектов, образующих как бы разные формы наземных препятствий воздушному потоку и приводящих к возникновению особых метеоусловий в городе.

Наблюдения показывают, что даже при постоянных объемах и составах промышленных и транспортных выбросов в результате влияния метеоусловий уровни загрязнения могут различаться в несколько раз.

Визуальную оценку типизации метеоусловий, в первом приближении, можно делать по форме струи дыма, вытекающего из трубы. Так, например, приподнятая, срезанная снизу форма струи дыма рассматривается как наиболее благоприятная для рассеивания ЗВ (обычно наблюдается ночью в течение 1–3 часов). Напротив, задымляющая, срезанная сверху форма струи, при которой падение температуры воздуха начинается вблизи поверхности земли и распространяется на некоторую высоту (зимой сильнее, летом слабее), соответствует наибольшей загрязненности воздуха.

3.4. Организация наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха

Для наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы в процессе локального экологического мониторинга организуются посты.

Пост – это точка местности, на которой размещают наблюдательный павильон или автомобиль, оборудованный соответствующими приборами.

Устанавливаются три категории постов наблюдений за состоянием атмосферы: стационарные, маршрутные, передвижные.

Стационарные посты (пункты) предназначены для обеспечения непрерывной регистрации содержания ЗВ или регулярного отбора проб

воздуха для последующего анализа. Стационарные пункты сбора и обработки экологической информации могут применяться в системе государственного экологического мониторинга, а также при проведении производственного экологического контроля и локального экологического мониторинга, например, при проведении наблюдений в санитарно-защитной зоне промышленного предприятия.

Маршрутные посты предназначены для регулярного отбора проб в фиксированных точках местности с помощью передвижного оборудования.

Передвижные (подфакельные) посты предназначены для отбора проб под дымовыми (газовыми) факелами с целью выявления зон влияния данных источников. Передвижные средства контроля и мониторинга являются основным элементом системы производственного экологического мониторинга. К ним относятся передвижные экологические лаборатории, которые незаменимы при организации контроля загрязнения атмосферы и, в том числе, проведения подфакельных наблюдений, получения информации о среднесуточных концентрациях, определения метеорологических параметров атмосферы. Данные лаборатории также могут применяться для контроля состояния других природных объектов: почв, донных отложений, поверхностных и подземных вод.

Репрезентативность (представительность) наблюдений за состоянием загрязнения атмосферы в населенном пункте зависит от правильности расположения поста на обследуемой территории. Стационарный и маршрутный посты размещают в местах, выбранных на основе обязательного предварительного исследования загрязнения воздушной среды населенного пункта промышленными выбросами, выбросами автотранспорта, бытовыми и другими источниками и изучения метеоусловий рассеивания примесей. При этом следует учитывать повторяемость ветров различных направлений над территорией района наблюдений. К числу наиболее загрязненных районов относятся зоны наибольших максимальных разовых и среднесуточных концентраций, создаваемых промышленными предприятиями (такие зоны находятся на расстоянии 0,5–2 км от низких источников выбросов и 2–3 км от высоких), а также магистралями интенсивного движения автотранспорта (такие располагаются на расстоянии до 50–100 м от магистралей).

При подфакельных наблюдениях, т. е. измерениях концентраций примесей под осью факела выбросов из труб, места отбора проб выбирают с учетом ожидаемых наибольших концентраций примесей на расстояниях 0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 15 и 30 км от границы санитарно-защитной зоны и конкретного источника загрязнения с подветренной стороны от него. Данные наблюдений на близких расстояниях от источника (0,5 км) характеризуют загрязнение атмосферы низкими источниками и неорганизованными

выбросами, а на дальних – сумму от неорганизованных низких и высоких выбросов. Чаще следует проводить наблюдения на расстоянии 10–40 средних высот труб от источника, где особенно велика вероятность появления максимума концентраций. При выполнении подфакельных наблюдений существенной частью работы является установление направления факела и выбор точек отбора проб.

Направление факела определяется визуальным наблюдением за очертаниями дыма. Если дымовое облако отсутствует, то направление факела определяется по направлению ветра на высоте выброса (по данным шаропилотных наблюдений), по запаху специфических веществ, по видимым факелам близлежащих источников.

Отбор проб на постах осуществляется на высоте 1,5–3,5 м от поверхности Земли по соответствующей программе наблюдений.

Полная программа наблюдений предназначена для получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях. Наблюдения по полной программе выполняются ежедневно путем непрерывной регистрации с помощью автоматических устройств или дискретно при обязательном отборе в 1; 7; 13 и 19 часов по местному декретному времени.

При неполной программе наблюдения ведутся с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7; 13 и 19 часов по местному декретному времени.

По сокращенной программе наблюдения проводятся ежедневно в 7 и 13 часов местного декретного времени.

Программа суточного отбора проб предназначена для получения информации о среднесуточной концентрации путем непрерывного суточного отбора проб.

Все программы наблюдений позволяют получать концентрации среднемесячные, среднегодовые и средние за более длительный период.

С учетом вышеизложенного по данным наблюдений о загрязнении атмосферы определяют следующие величины:

1) разовую концентрацию примеси, измеренной путем отбора проб за период 20–30 мин;

2) среднесуточную концентрацию примеси, за которую принимают среднее арифметическое значений разовых концентраций, полученных через равные промежутки времени, включая обязательные сроки 1; 7; 13; 19 часов, а также по данным непрерывной регистрации в течение суток;

3) среднемесячную концентрацию примеси, за которую принимают среднее арифметическое раз или среднесуточных концентраций, измеренных в течение месяца;

4) среднегодовую концентрацию примеси, за которую принимают среднее арифметическое (средневзвешенное) разовых или среднесуточных концентраций, измеренных в течение года.

3.5. Приборы и оборудование для проведения контроля и мониторинга атмосферного воздуха

Перечень приборов и оборудования для контроля и мониторинга атмосферного воздуха различается для стационарных и передвижных пунктов сбора и обработки экологической информации.

Стационарный пункт сбора и обработки экологической информации включает в себя систему пробоотбора; систему пробоподготовки воздуха; автоматический измерительный комплекс; автоматизированную систему управления, сбора и обработки информации; беспроводную систему передачи накопленных результатов измерений.

Стационарный пункт позволяет осуществлять сбор и обработку экологической информации в течение нескольких суток и фиксировать концентрацию загрязняющих веществ в разных точках местности.

Результаты измерений отражаются в таблицах с указанием даты и времени отбора, могут быть представлены в виде графических изолиний (полей).

В состав **передвижного пункта (лаборатории)**, как правило, входят измерительный и метеорологический комплексы, комплект пробоотборных устройств, автоматизированная система сбора и обработки полученной информации и другие системы.

Пробоотборные устройства обеспечивают отбор проб компонентов окружающей среды в различных контрольных точках, в том числе труднодоступных, а также неизменность их состава в процессе транспортирования и хранения.

Комплекс выносных приборов позволяет проводить измерения физических факторов негативного воздействия на окружающую среду: шума, электромагнитных полей, ионизирующих излучений.

Основными достоинствами передвижных лабораторий являются их мобильность, надежность, высокая степень автоматизации, универсальность оборудования.

Для проведения работ по оценке состояния окружающей среды и, в том числе, атмосферного воздуха в настоящее время может использоваться передвижная экологическая лаборатория на базе автомобиля Ford Transit, «Газель» или других. Лаборатория оборудуется измерительным комплексом «СКАТ», который включает в себя систему пробоотбора и пробоподготовки, автоматические газоанализаторы, метеостанцию «АИИС ВП-2» с метеомачтой, программно-аппаратный комплекс.

Автоматические газоанализаторы в составе измерительного комплекса используют для определения концентрации диоксида серы, оксида и диоксида азота, оксида углерода, сероводорода в атмосферном воздухе. Кроме того, при подфакельном отборе с помощью лаборатории может

контролировать содержание взвешенных веществ, аэрозолей серной кислоты, мышьяка, меди, цинка, кадмия и свинца.

Мониторинг атмосферного воздуха с помощью передвижной экологической лаборатории происходит по следующей схеме. Перед отбором проб лаборант по телефону узнает в гидрометеорологической службе направление ветра и по карте определяет места отбора проб. Далее по компасу устанавливается и фиксируется метеомачта. Передача метеопараметров осуществляется автоматически на дисплей, расположенный в салоне автомобиля.

Через пробоотборный зонд пробы атмосферного воздуха подаются в газоанализаторы. Пробы отбираются одновременно на все контролируемые показатели в течение 20 мин. Всё это время данные с газоанализаторов выводятся на монитор компьютера, где отслеживаются результаты текущих измерений.

С места пробоотбора результаты анализа передаются по модемной связи в лабораторию на компьютер. В случае выявления превышения допустимых концентраций информация незамедлительно может быть передана на предприятие по сотовой связи.

При проведении экологического мониторинга атмосферного воздуха применяются локальные и дистанционные (спектральные) методы анализа.

Локальные методы анализа используются, как правило, в производственном экологическом контроле и мониторинге. При этом для оценки загрязнения воздуха пробы отбираются в конкретной точке выбросов, затем в них количественно определяется наличие загрязняющих веществ.

Дистанционные (спектральные) методы анализа позволяют обойтись без локального пробоотбора и вести мониторинг атмосферы дистанционно, выявляя возникновение загрязнения в режиме реального времени.

Широкое использование **спектральных методов анализа** в инфракрасном диапазоне, в том числе оборудования зарубежного производства, предусмотрено информационно-техническим справочником ИТС-22.1-2016 «Общие принципы производственно-экологического контроля и его метрологического обеспечения».

Спектральный метод анализа в инфракрасном диапазоне позволяет с высокой точностью контролировать наличие загрязнений в любых средах – жидких, газообразных, твердых, суспензиях.

Для спектрального метода анализа широко применяются спектральные ИК Фурье-спектрометры, которые позволяют контролировать наличие загрязнения воздуха на расстоянии до 10–15 км от пункта наблюдения (при благоприятных атмосферных условиях) и получать данные о качественном и количественном содержании в нем самых разных компонентов 24 часа в сутки.

Кроме того, метод Фурье-спектрального ИК анализа позволяет выявлять вещества в сложных газовых смесях благодаря свойству каждого вещества излучать или поглощать характерный только для него инфракрасный спектр. В базах данных указанных приборов могут присутствовать более 500 разных веществ, и анализ осуществляется по всем этим компонентам одновременно. Кроме того, существует оборудование, позволяющее визуализировать картину загрязнения. При этом информация о присутствии в воздухе контролируемого компонента накладывается на видеоизображение местности, в которой производится анализ. При одновременном применении двух приборов можно определить объем загрязненного воздуха и отобразить в 3D-пространстве форму и направление движения загрязнения. Это так называемый метод спектральной томографии.

Используя спутниковую систему GPS-навигации, можно в реальном режиме времени определить, куда движется облако загрязнения, и принять меры по устранении рисков. Подобная визуализация позволяет на ранней стадии обнаружить места утечек загрязняющих веществ в атмосферу.

В системе мониторинга атмосферного воздуха также применяется газоанализирующее расходомерное оборудование и анализаторы влажности.

Газоанализирующее оборудование делится по принципам и технологиям анализа на следующие типы:

1. Системы на базе инфракрасного и ультрафиолетового газоанализаторов с холодными измерительными ячейками (до +40 °C).
2. Системы на базе ИК-газоанализаторов с холодными измерительными ячейками и каталитическим конвертером для измерения NO_x .
3. Хемилюминесцентные газоанализаторы NO_x .
4. Беспробоотборные оптоэлектронные газоанализаторы $\text{NO}/\text{NO}_2/\text{SO}_2$, $\text{CO}/\text{H}_2\text{O}$ и O_2 ; лазерные газоанализаторы.
5. Горячие экстрактивные газоаналитические системы для одновременного измерения NO , NO_2 , NO_x , CO , CO_2 , SO_2 , O_2 , H_2O .

Расходомерное оборудование применяется для определения расхода дымовых газов в процессе измерения. Наиболее популярны два типа расходомеров: осредняющие трубки и ультразвуковые расходомеры. Последние имеют более совершенную конструкцию и более универсальны, могут выдавать широкий набор параметров – данные объемного расхода, объема, массы и пр.

Анализаторы влажности служат для определения точного объемного содержания водяных паров в дымовых газах в целях избежания неточностей в определении объемного расхода дымовых газов, а затем и массовых валовых выбросов загрязняющих веществ и пыли. Например, концентрации NO , NO_2 , NO_x , CO и объемный расход дымовых газов должны измеряться в единых условиях (температуре, давлении и пр.).

3.6. Требования к метрологическому обеспечению инструментального контроля и мониторинга состояния атмосферного воздуха

Основной целью метрологического обеспечения является обеспечение единства и требуемой точности результатов измерений показателей загрязнения природных сред, достоверности измерительной информации.

Практическая значимость результатов измерений и мониторинга определяется двумя основными характеристиками:

- надежностью, т. е. степенью доверия к результатам;
- сопоставимостью, т. е. возможностью их сравнения с другими результатами для других предприятий, отраслей, регионов или стран.

Для того чтобы получить действительно достоверные и сопоставимые результаты измерений и мониторинга, необходимо последовательно осуществить определенные этапы, описанные ниже, которые образуют так называемую «цепь получения данных». Каждый из этих этапов должен быть выполнен согласно требованиям соответствующего стандарта или согласно инструкциям для конкретного метода, что обеспечит получение качественных результатов и их гармонизацию между различными лабораториями и измерительным оборудованием.

Надежность данных может быть определена как точность, или близость данных к истинному значению измеряемого параметра.

Сопоставимость – это показатель, который обеспечивает сравнимость полученной в процессе мониторинга информации. Для подтверждения сопоставимости результатов мониторинга необходимо дополнительно указать следующую информацию:

- метод измерения, включая пробоотбор;
- оценку неопределённости;
- связь средств измерения с эталонами для косвенных методов или замещающих (косвенных) параметров;
- время/период осреднения;
- частоту;
- вычисление среднего значения;
- единицы измерения (например, мг/м³);
- источник, для которого проводились измерения;
- условия технологического процесса, преобладающие при сборе данных;
- вспомогательные показатели.

При этом необходимо использовать аттестованные или стандартизованные методики измерений.

Необходимо применять сертифицированное оборудование – экземпляры средств измерений (СИ), информационно-измерительных систем, химико-аналитических комплексов. Используемое при выполнении

измерений показателей загрязнения окружающей среды оборудование должно быть включено в Государственный реестр средств измерений, который ведет ФГУП ВНИИМС, и поверено.

Применяемое испытательное оборудование должно быть аттестовано с учетом требований нормативных документов и методик измерения, предусматривающих его применение для этих целей. В аккредитованной лаборатории должны быть установлены программа и процедура проведения калибровки средств измерений.

Независимо от того, проводятся ли измерения в рамках ПЭК силами сторонней лаборатории, или же собственной лаборатории предприятия, или же с использованием автоматических средств измерения и учета выбросов загрязняющих веществ, на данные измерения распространяются требования Федерального закона от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», о соблюдении обязательных метрологических требований – требований к влияющим на результат и показатели точности измерений характеристикам (параметрам) измерений, стандартных образцов, средств измерений, а также к условиям, при которых эти характеристики должны быть обеспечены.

Учет неопределённостей измерения. Ввиду того, что общая ошибка определения зависит от максимальной ошибки, полученной на любом этапе, знание погрешности каждого этапа цепи получения данных позволяет оценить неопределённость всей цепи. Это также означает, что каждый этап цепи следует осуществлять со всей тщательностью, т.к. бессмысленно проводить чрезвычайно точный анализ пробы, если сама проба не является репрезентативной (представительной) для объекта мониторинга или была плохо сохранена.

Основными источниками неопределённости являются следующие этапы:

- пробоотбор;
- хранение, транспортировка и консервация проб;
- анализ (получение аналитического сигнала);
- обработка данных.

Пробоотбор. На стадии пробоотбора следует гарантировать полную репрезентативность измеряемых параметров в отношении контролируемого загрязняющего вещества. Если надежность полученных данных невысока, а результаты далеки от истинного значения, то на этой основе могут быть приняты неверные решения по таким вопросам, как наложение наказаний и штрафов, а также судебное преследование или судебные иски. Соответственно, большое значение имеет получение результатов, обладающих необходимой степенью надежности. При проведении пробоотбора необходимо руководствоваться действующими нормативными документами (ГОСТами, ПНД Ф, РД, Рекомендациями и др.).

В общем случае при пробоотборе следует выполнять два основных требования:

1. Проба должна быть репрезентативной (представительной) во времени и пространстве. Это означает, что при контроле промышленного предприятия проба должна быть репрезентативной для всех его выбросов за рассматриваемый период, например, рабочий день (репрезентативность во времени). Аналогичным образом при определении содержания вещества проба должна быть репрезентативной для всего объема выбросов из источника (представительность в пространстве). В случае однородного материала можно ограничиться отбором проб в одной точке, тогда как в случае неоднородных материалов для получения репрезентативной пробы может потребоваться отбор нескольких проб в разных точках.

2. Пробоотбор следует осуществлять, не допуская изменения состава пробы или ее перехода в какую-либо предполагаемую и более стабильную форму. Фактически некоторые характеристики пробы следует определять или фиксировать на месте, т.к. их значение со временем меняется, как, например, в случае рН и содержания растворенного кислорода для проб сточных вод.

Хранение, транспортировка и консервация пробы. Процедура консервации должна быть описана в соответствующей программе измерений. Конкретные способы консервации, транспортировки и хранения пробы должны быть четко указаны в отчетах и в Акте отбора пробы.

Анализ проб. Выбор метода всегда зависит от ряда факторов, в том числе пригодности, доступности и стоимости метода. С учетом того, что разные методы анализа одной и той же пробы могут дать разные результаты, важно в Протоколах испытаний указывать использованный метод, а также точность метода и факторы, влияющие на итоговые результаты, такие как мешающие влияния (примеси).

Обработка данных. После получения результатов измерений соответствующие данные должны быть обработаны и оценены. Все процедуры обработки данных и представления отчетов должны быть определены и согласованы между операторами и компетентными органами до начала анализа проб. Одним из элементов обработки данных является оценка качества данных.

При проведении экологического контроля и мониторинга атмосферного воздуха выполняют количественный химический анализ (КХА) – экспериментальное количественное определение содержания (массовой концентрации, массовой доли, объемной доли и т. д.) одного или нескольких компонентов в пробе химическими, физико-химическими, физическими методами. Это определение проводят на основании методики анализа – совокупности операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов анализа) с установленными показателями точности (неопределенностью

или характеристикой погрешности), которые являются показателями качества методики анализа; к ним относят показатели точности, правильности, повторяемости, воспроизводимости, а также, при необходимости, другие показатели, характеризующие составляющие бюджета неопределенности или погрешности измерений, получаемые по методике анализа.

При описании точности КХА используют три понятия:

1. **Прецизионность** – степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в конкретных регламентированных условиях. Эта характеристика зависит только от случайных погрешностей и не имеет отношения к истинному или установленному значению измеряемой величины; меру прецизионности обычно выражают в терминах неточности и вычисляют как стандартное отклонение результатов измерений (меньшая прецизионность соответствует большему стандартному отклонению).

2. **Правильность** – степень близости среднего значения, полученного на основании большой серии результатов измерений (или результатов испытаний), к принятому опорному значению. Показателем правильности обычно является значение систематической погрешности.

3. **Точность** – степень близости результата измерений к принятому опорному значению, служащему в качестве согласованного.

4. ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Для оценки качества атмосферного воздуха производится сравнение фактически измеренной концентрации того или иного загрязняющего (вредного) вещества с его ПДК. При этом чем больше кратность превышения ПДК, тем хуже качество воздуха.

На практике в воздухе присутствуют, как правило, несколько загрязняющих веществ, поэтому для оценки качества воздуха применяется комплексный показатель – индекс загрязнения атмосферы (I), который равен сумме отношений среднегодовых концентраций всех присутствующих в воздухе загрязняющих веществ к их среднесуточной ПДК, приведенных при помощи переводных коэффициентов k_i к концентрации диоксида серы.

Таким образом, для каждого i вещества индекс загрязнения атмосферы (I_i) находится по следующей формуле:

$$I_i = \left(\frac{\bar{c}}{\text{ПДК}_{\text{с.с.}}} \right)^{k_i}, \quad (4.1)$$

где \bar{c} – средняя за год концентрация, мг/м³;

$\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ – среднесуточная ПДК ЗВ, мг/м³; в случае отсутствия $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ вместо нее принимается ПДК максимальная разовая ($\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$) или ОБУВ;

k_i – переводной коэффициент, зависящий от класса опасности вещества.

Для веществ 1 класса опасности $k_i = 1,7$; для веществ 2 класса опасности $k_i = 1,3$; для веществ 3 класса опасности $k_i = 1,0$; для веществ 4 класса опасности $k_i = 0,9$.

Для нескольких веществ:

$$I = \sum_i^n \left(\frac{c_i}{\text{ПДК}_{\text{cc}}} \right)^{k_i}. \quad (4.2)$$

Для проведения сравнительного анализа степени загрязнения атмосферного воздуха в различных населенных пунктах используют значения суммарного показателя I (индекса загрязнения атмосферы). При этом чем меньше значение показателя I , тем чище атмосферный воздух. Для расчета суммарного показателя I суммируют показатели I_i по каждому загрязняющему веществу. В случае если в атмосферном воздухе присутствуют более пяти загрязняющих веществ, вычисление показателя индекса загрязнения атмосферы I производится по первым пяти веществам в порядке убывания указанного показателя.

Классы экологического состояния атмосферы определяются по четырехбалльной шкале, приведенной в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Зависимость класса экологического состояния атмосферы от величины индекса загрязнения атмосферы

Показатель	Классы экологического состояния атмосферы			
	Норма (Н)	Риск (Р)	Кризис (К)	Бедствие (Б)
Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) I	Менее 5	5–8	8–15	Более 15

Ниже приведен пример расчетов индексов загрязнения атмосферы в двух различных населенных пунктах и сравнительный анализ степени загрязнения воздуха в каждом из них.

Пример 1

Дано

По данным экологического мониторинга концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города А имеют следующие значения: азота диоксид (NO_2) – $0,086 \text{ мг/м}^3$; серы диоксид (SO_2) – $0,015 \text{ мг/м}^3$; углерода оксид (CO) – $4,27 \text{ мг/м}^3$; твердые частицы (ТВЧ) – $0,56 \text{ мг/м}^3$; сероводород (H_2S) – $0,007 \text{ мг/м}^3$; аммиак (NH_3) – $0,076 \text{ мг/м}^3$; керосин – $1,4 \text{ мг/м}^3$.

Соответственно, в городе В концентрации составляют: азота диоксид (NO_2) – 0,064 мг/м³; серы диоксид (SO_2) – 0,047 мг/м³; углерода оксид (CO) – 1,32 мг/м³; твердые частицы (ТВЧ) – 0,074 мг/м³; стирол – 0,0082 мг/м³; полиэтилен – 0,026 мг/м³; ксилол – 0,48 мг/м³.

Задание

Сравнить степень загрязнения атмосферного воздуха в городах А и В.

Решение

Для каждого i вещества в городе А находим индекс загрязнения атмосферы (I_i) по формуле (4.1). Таким образом, для

$$\text{NO}_2 : \left(\frac{0,086}{0,04} \right)^{1,3} = 2,7;$$

$$\text{SO}_2 : \left(\frac{0,015}{0,05} \right)^1 = 0,3;$$

$$\text{ТВЧ} : \left(\frac{0,56}{0,1} \right)^1 = 5,6;$$

$$\text{H}_2\text{S} : \left(\frac{0,007}{0,008} \right)^{1,3} = 0,84;$$

$$\text{NH}_3 : \left(\frac{0,076}{0,04} \right)^{0,9} = 1,78;$$

$$\text{керосина} \left(\frac{1,4}{1,2} \right)^{0,9} = 1,15.$$

Далее находим комплексный индекс загрязнения атмосферы (I) для города А по формуле (4.2):

$$I = \sum_i^5 I_i = 2,7 + 1,37 + 5,6 + 1,78 + 1,15 = 12,6.$$

Соответственно, для города В по формуле (4.1) находим I_i :

$$\text{NO}_2 : \left(\frac{0,064}{0,04} \right)^{1,3} = 1,84;$$

$$\text{SO}_2 : \left(\frac{0,047}{0,05} \right)^1 = 0,94;$$

$$\text{CO} : \left(\frac{1,32}{3} \right)^{0,9} = 0,48;$$

$$\text{ТВЧ} : \left(\frac{0,074}{0,1} \right)^1 = 0,74;$$

$$\text{стирол} : \left(\frac{0,0082}{0,002} \right)^{1,3} = 6,26;$$

$$\text{полиэтилен} : \left(\frac{0,026}{0,01} \right)^{1,3} = 3,46;$$

$$\text{ксилол} : \left(\frac{0,48}{0,2} \right)^1 = 2,4.$$

Далее по формуле (4.2) находим комплексный индекс загрязнения атмосферы I :

$$I = \sum_i^5 I_i = 1,84 + 0,94 + 6,26 + 3,46 + 2,4 = 14,9.$$

Вывод

По результатам расчетов делаем вывод, что атмосферный воздух в городе В загрязнен больше чем в городе А в 1,2 раза ($14,9 : 12,6 = 1,2$).

Задача 1

В таблице 4.2 приведены концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в городах А и В по данным экологического мониторинга. Необходимо сравнить степень загрязнения атмосферного воздуха в указанных городах для своего варианта. Номер варианта выдает преподаватель.

Таблица 4.2

Концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в городах А и В (по данным экологического мониторинга)

Варианты	Среднегодовая концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, мг/м ³							
	Город А				Город В			
	Азота диоксид	Серы диоксид	Твердые частицы	Прочие вещества	Азота диоксид	Серы диоксид	Твердые частицы	Прочие вещества
1	0,18	0,02	0,18	Бутилацетат – 0,22, оксид марганца – 0,003; фурфурол – 0,03	0,15	0,08	0,05	Скипидар – 1,2; сажа – 0,12; метилмеркаптан – $20 \cdot 10^{-6}$

Продолжение табл. 4.2

Варианты	Среднегодовая концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, мг/м ³							
	Город А				Город В			
	Азота диоксид	Серы диоксид	Твердые частицы	Прочие вещества	Азота диоксид	Серы диоксид	Твердые частицы	Прочие вещества
2	0,12	0,06	0,27	Фенол – 0,002; скипидар – 0,8; оксид меди – 0,003	0,06	0,11	0,18	Зола мазутная – 0,0045; бутилацетат – 0,08; марганец – 0,017
3	0,04	0,07	0,22	Ртуть – 0,0 005; кислота уксусная – 0,09; аммиак – 0,25	0,07	0,1	0,3	Фенол – 0,009; серная кислота – 0,08; бензин малосер- нистый – 1,2
4	0,15	0,12	0,2	Марганец – 0,0;017; скипидар – 1,3; сажа – 0,04	0,1	0,15	0,3	Фенол – 0,1; ксилол – 0,35; бензин малосер- нистый – 1,2
5	0,1	0,15	0,03	Стирол – 0,005; пыль механиче- ская – 0,05; оксид меди – 0,003	0,03	0,1	0,12	Аммиак – 0,12; ацетон – 0,3; пыль зерновая – 0,05
6	0,09	0,09	0,09	Кислота азотная – 0,32; оксид марганца – 0,0012; аммиак – 0,03	0,1	0,03	0,08	Хром ⁺⁶ – 0,002; кислота серная – 0,17; пыль древесная – 0,2
7	0,09	0,03	0,17	Скипидар – 2,7; пропилен – 0,9; метилмеркаптан – $7 \cdot 10^{-6}$	0,02	0,3	0,12	Зола сланцевая – 0,23; фенол – 0,01; кислота азотная – 0,12
8	0,09	0,21	0,1	Стирол – 0,005; сажа – 0,04; кислота азотная – 0,2	0,11	0,06	0,1	Тетраэтилсви- нец – $3 \cdot 10^{-6}$; свинец – 0,0 007; пыль бумажная – 0,3

Окончание табл. 4.2

Варианты	Среднегодовая концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, мг/м ³							
	Город А				Город В			
	Азота диоксид	Серы диоксид	Твердые частицы	Прочие вещества	Азота диоксид	Серы диоксид	Твердые частицы	Прочие вещества
9	0,03	0,07	0,13	Серная кислота – 0,13; пропилен – 5,2; фурфурол – 0,05	0,08	0,08	0,17	Сероводород – 0,006; кислота уксусная – 0,1; сажа – 0,08
10	0,07	0,03	1,2	Ртуть – 0,0005; толуол – 1,3; фурфурол – 0,06	0,11	0,02	0,05	Пыль механическая – 0,05; ацетон – 0,8; кислота уксусная – 0,2
11	0,1	0,02	0,1	Пятиокись ванадия – 0,004; оксид марганца – 0,001; пропилен – 2,0 оксид железа – 0,02	0,03	0,05	0,3	Оксид железа – 0,1; пыль зерновая – 0,5; стирол – 0,005
12	0,13	0,2	0,17	Стирол – 0,003; толуол – 0,25; скипидар – 0,8	0,05	0,15	0,11	Сажа – 0,12; оксид меди – 0,003; зола мазутная – 0,0001
13	0,07	0,03	0,18	Ртуть – 0,0007; ацетон – 0,48; ксилол – 0,36	0,11	0,11	0,05	Свинец – 0,007; фенол – 0,005; бутилацетат – 0,17
14	0,03	0,12	1,2	Ксилол – 0,35; оксид железа – 0,06; бутилацетат – 0,27	0,1	0,1	0,1	Кислота уксусная – 0,1; стирол – 0,003; пропилен – 3,0
15	0,03	0,1	0,32	Оксид меди – 0,004; аммиак – 0,12; тетраэтилсвинец – $5,2 \cdot 10^{-6}$	0,07	0,2	0,2	Пятиокись ванадия – 0,06; пыль древесная – 0,15; оксид углерода (CO) – 5,2

Пример 2

Дано

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города А составляют: $\text{SO}_2 - 0,028 \text{ мг/м}^3$; $\text{NO}_2 - 0,074 \text{ мг/м}^3$; $\text{CO} - 1,18 \text{ мг/м}^3$; твердые частицы – $0,13 \text{ мг/м}^3$; фурфурол – $0,094 \text{ мг/м}^3$.

Задание

Определить класс экологического состояния атмосферы в городе А.

Решение

Для каждого i вещества в городе А находим индекс загрязнения атмосферы (I_i) по формуле (4.1). Таким образом, для:

$$I_{\text{SO}_2} = \left(\frac{0,028}{0,05} \right)^1 = 0,56;$$

$$I_{\text{NO}_2} = \left(\frac{0,074}{0,04} \right)^{1,3} = 2,22;$$

$$I_{\text{CO}} = \left(\frac{1,18}{3,0} \right)^{0,9} = 0,43;$$

$$I_{\text{ТВЧ}} = \left(\frac{0,13}{0,15} \right)^1 = 0,87;$$

$$I_{\text{ф}} = \left(\frac{0,094}{0,05} \right)^1 = 1,88.$$

Далее находим суммарный индекс загрязнения атмосферы по пяти веществам:

$$I = 0,56 + 2,22 + 0,43 + 0,87 + 1,88 = 5,96.$$

Затем определяем класс экологического состояния атмосферы по таблице 4.1. Значение суммарного индекса загрязнения атмосферы составляет 5,96, что соответствует градации от 5 до 8 и оценивается как «риск».

Задача 2

В таблице 4.3 приведены среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города А. Необходимо определить класс экологического состояния атмосферы в городе А в соответствии с вариантом задания.

Таблица 4.3

Концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе
города А (по данным экологического мониторинга)

Варианты	Среднегодовая концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, мг/м ³											
	Серы диоксид	Азота диоксид	Твердые частицы	Ртуть	Фенол	Сероводород	Фурфурол	Хром шестива- лентный	Кислота серная	Кислота азотная	Марганца оксид	Ацетон
1	0,08	0,2	0,15	0,0 005	–	–	–	–	0,2	–	0,003	0,45
2	0,1	0,19	0,16	–	0,008	–	–	0,0 025	–	0,15	–	–
3	0,03	0,08	0,17	–	–	0,008	–	–	0,13	–	–	0,40
4	0,04	0,17	0,18	0,0 007	–	–	–	0,0 035	–	0,2	–	–
5	0,05	0,16	0,19	–	–	–	0,14	–	0,08	–	0,002	–
6	0,06	0,15	0,20	–	–	0,015	–	–	–	0,25	–	–
9	0,11	0,12	0,13	0,001	–	–	–	–	0,3	–	0,004	–
10	0,12	0,11	0,11	–	–	–	0,09	–	–	0,3	–	0,2
11	0,13	0,10	0,09	–	0,01	–	–	0,003	–	–	–	0,30
12	0,14	0,09	0,1	–	–	0,013	–	0,004	–	–	–	–
13	0,05	0,08	0,08	0,0 002	–	–	0,08	–	–	0,25	–	–
14	0,06	0,07	0,22	–	0,023	–	–	–	0,15	–	–	0,25
15	0,17	0,06	0,25	–	–	0,005	–	–	–	0,5	–	–
16	0,09	0,19	0,14	0,0 004	–	–	–	–	0,19	–	0,003	0,44
17	0,11	0,18	0,16	–	0,008	–	–	0,003	–	0,14	–	–
18	0,03	0,07	0,17	–	–	0,007	–	–	0,12	–	–	0,41
19	0,05	0,18	0,19	0,0 008	–	–	–	0,004	–	0,21	–	–
20	0,04	0,15	0,18	–	–	–	0,13	–	0,07	–	0,001	–
21	0,07	0,16	0,21	–	–	0,016	–	–	–	0,26	–	–
22	0,08	0,14	0,21	–	0,011	–	–	–	0,11	–	–	0,36
23	0,08	0,14	0,22	–	–	0,022	–	0,005	–	0,11	–	–
24	0,10	0,12	0,14	0,0 009	–	–	–	–	0,29	–	0,004	–
25	0,11	0,11	0,13	–	–	–	0,08	–	–	0,31	–	0,21

Задача 3

В таблице 4.4 приведены среднегодовые концентрации в атмосферном воздухе города В загрязняющих веществ, обладающих эффектом суммации. Необходимо установить, соответствует ли содержание в воздухе указанных веществ нормативам качества атмосферного воздуха согласно варианту задания.

Для решения задачи необходимо рассчитать отношение среднесуточных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенного пункта C_n к их ПДК, а затем вычислить сумму этих отношений по формуле (4.1). Далее полученное значение необходимо сравнить с единицей. Если значение меньше единицы, то делается вывод о соответствии воздуха нормативам качества. Если значение больше единицы, то делается вывод о превышении нормативов качества атмосферного воздуха.

Таблица 4.4

Концентрации загрязняющих веществ, обладающих эффектом суммации, в атмосферном воздухе населенного пункта
(по данным экологического мониторинга)

Вариант	Наименование вещества	Среднесуточная концентрация, мг/м ³
1	Аммиак	0,02
	Формальдегид	0,005
2	Серы диоксид	0,03
	Серная кислота	0,08
3	Азота диоксид	0,01
	Серы диоксид	0,02
	Углерода оксид	2,8
	Фенол (гидроксибензол)	0,003
4	Серы диоксид	0,01
	Фенол (гидроксибензол)	0,004
5	Свинца оксид	0,0 002
	Серы диоксид	0,03
6	Озон	0,01
	Азота диоксид	0,02
	Формальдегид	0,003

Задача 4

В таблице 4.5 приведены значения суммарного индекса загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА) в населенном пункте. Необходимо оценить степень загрязнения воздуха по величине ИЗА, определить класс экологического состояния атмосферы по таблице 4.1 и сделать необходимый вывод.

Таблица 4.5

Значения суммарного индекса загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА) в населенном пункте

Варианты	ИЗА	Варианты	ИЗА
1	3	16	17
2	5	17	22
3	7	18	19
4	9	19	14
5	15	20	12
6	18	21	10
7	9	22	11
8	6	23	4
9	2	24	5
10	1	25	1
11	6	26	16
12	13	27	21
13	8	28	20
14	5	29	18
15	2	30	25

Задача 5

В таблице 4.6 приведены значения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Необходимо оценить соответствие приведенных показателей по каждому загрязняющему веществу установленным нормативам качества атмосферного воздуха для населенного пункта (прил. 1) и для рабочей зоны предприятия (прил. 2), определив фактическую концентрацию в долях ПДК для населенного пункта. Для населенных пунктов берется среднесуточная ПДК. Для рабочей зоны берется ПДК в воздухе рабочей зоны.

Таблица 4.6

Значения концентраций загрязняющих веществ
в атмосферном воздухе

Варианты	Серы диоксид	Азота диоксид	Аммиак	Ртуть	Бензин (нефтяной малосернистый) в пересчете на углерод	Бензол	Метанол	Озон	Формальдегид	Цинка оксид (в пересчете на цинк)	Углерода оксид	Хлор
	(В числителе – концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, мг/м ³ ; в знаменателе – концентрация загрязняющих веществ в рабочей зоне предприятия, мг/м ³)											
1	$\frac{0,08}{10,0}$	$\frac{0,2}{1,0}$	$\frac{0,04}{25,0}$	$\frac{0,0\ 005}{0,012}$	–	$\frac{0,2}{16,0}$	–	$\frac{0,07}{0,2}$	–	$\frac{0,06}{1,5}$	–	$\frac{0,02}{0,02}$
2	$\frac{0,1}{9,5}$	$\frac{0,19}{1,5}$	$\frac{0,08}{16,3}$	–	$\frac{1,0}{250}$	–	–	$\frac{0,09}{0,15}$	$\frac{0,02}{0,2}$	–	$\frac{3,7}{22,0}$	$\frac{0,035}{0,035}$
3	$\frac{0,03}{6,3}$	$\frac{0,08}{2,8}$	$\frac{0,01}{17,8}$	–	–	$\frac{0,3}{14,0}$	–	$\frac{0,035}{0,3}$	–	$\frac{0,04}{1,9}$	$\frac{4,0}{25,0}$	$\frac{0,01}{0,01}$
4	$\frac{0,04}{12,3}$	$\frac{0,17}{4,0}$	$\frac{0,06}{10,4}$	$\frac{0,0\ 007}{0,02}$	–	–	$\frac{0,6}{1,8}$	–	–	$\frac{0,014}{1,2}$	$\frac{2,0}{19,0}$	$\frac{0,04}{0,04}$
5	$\frac{0,05}{5,4}$	$\frac{0,16}{3,1}$	$\frac{0,03}{11,5}$	–	$\frac{2,0}{600}$	–	–	$\frac{0,01}{0,25}$	–	$\frac{0,02}{0,8}$	$\frac{3,9}{27,0}$	$\frac{0,06}{0,06}$
6	$\frac{0,06}{15,3}$	$\frac{0,15}{4,6}$	$\frac{0,02}{17,6}$	–	–	$\frac{0,05}{18,0}$	–	–	$\frac{0,03}{0,5}$	$\frac{0,054}{0,5}$	$\frac{5,2}{15,0}$	$\frac{0,09}{0,09}$
9	$\frac{0,11}{20,0}$	$\frac{0,12}{7,0}$	$\frac{0,05}{21,0}$	$\frac{0,001}{0,005}$	–	–	$\frac{0,4}{1,5}$	$\frac{0,06}{0,17}$	–	–	$\frac{3,5}{31,0}$	$\frac{0,03}{0,03}$
10	$\frac{0,12}{3,1}$	$\frac{0,11}{2,1}$	$\frac{0,07}{18,7}$	–	$\frac{4,0}{400}$	–	–	–	$\frac{0,025}{0,3}$	$\frac{0,026}{1,2}$	$\frac{2,8}{28,0}$	$\frac{0,05}{0,05}$
11	$\frac{0,13}{6,7}$	$\frac{0,10}{0,8}$	$\frac{0,06}{15,9}$	–	$\frac{1,3}{460}$	–	$\frac{1,5}{2,0}$	–	–	$\frac{0,018}{1,7}$	$\frac{2,7}{21,5}$	$\frac{0,06}{0,06}$
12	$\frac{0,14}{16,3}$	$\frac{0,09}{3,7}$	$\frac{0,065}{13,8}$	–	–	$\frac{0,02}{17,5}$	–	$\frac{0,02}{0,22}$	–	$\frac{0,03}{0,9}$	$\frac{3,4}{28,5}$	$\frac{0,02}{0,02}$
13	$\frac{0,05}{10,5}$	$\frac{0,08}{3,2}$	$\frac{0,054}{22,8}$	$\frac{0,0\ 002}{0,03}$	–	–	–	$\frac{0,046}{0,1}$	$\frac{0,015}{0,1}$	–	$\frac{4,2}{32,0}$	$\frac{0,01}{0,01}$
14	$\frac{0,06}{8,0}$	$\frac{0,07}{1,8}$	$\frac{0,051}{25,0}$	–	$\frac{1,8}{280}$	–	$\frac{2,5}{4,2}$	–	–	$\frac{0,012}{1,3}$	$\frac{5,0}{29,5}$	$\frac{0,08}{0,08}$
15	$\frac{0,17}{16,5}$	$\frac{0,06}{2,4}$	$\frac{0,09}{21,9}$	–	–	$\frac{0,15}{20,0}$	–	–	$\frac{0,011}{0,2}$	$\frac{0,015}{0,8}$	$\frac{3,9}{20,5}$	$\frac{0,02}{0,02}$

Окончание табл. 4.6

Варианты	Серы диоксид	Азота диоксид	Аммиак	Ртуть	Бензин (нефтяной малосернистый) в пересчете на углерод	Бензол	Метанол	Озон	Формальдегид	Цинка оксид (в пересчете на цинк)	Углерода оксид	Хлор
	(В числителе – концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, мг/м ³ ; в знаменателе – концентрация загрязняющих веществ в рабочей зоне предприятия, мг/м ³)											
16	$\frac{0,09}{4,4}$	$\frac{0,19}{4,7}$	$\frac{0,02}{16,7}$	$\frac{0,0\ 004}{0,15}$	–	–	–	$\frac{0,05}{0,4}$	–	$\frac{0,024}{0,4}$	$\frac{1,8}{26,5}$	$\frac{0,05}{-}$
17	$\frac{0,11}{7,5}$	$\frac{0,18}{6,0}$	$\frac{0,03}{19,9}$	–	–	$\frac{0,35}{10,0}$	–	–	$\frac{0,017}{0,15}$	$\frac{0,054}{1,6}$	$\frac{3,3}{19,5}$	$\frac{0,1}{-}$
18	$\frac{0,03}{5,0}$	$\frac{0,07}{1,9}$	$\frac{0,05}{20,8}$	–	$\frac{1,0}{350}$	–	$\frac{0,25}{1,2}$	–	–	$\frac{0,04}{2,0}$	$\frac{3,0}{13,0}$	$\frac{0,07}{-}$
19	$\frac{0,05}{2,1}$	$\frac{0,18}{2,9}$	$\frac{0,08}{25,6}$	$\frac{0,0\ 008}{0,009}$	–	–	–	$\frac{0,1}{0,35}$	$\frac{0,04}{0,18}$	$\frac{0,035}{0,7}$	$\frac{4,5}{35,0}$	$\frac{0,02}{-}$
20	$\frac{0,04}{11,3}$	$\frac{0,15}{3,1}$	$\frac{0,06}{30,0}$	–	–	$\frac{0,12}{9,5}$	$\frac{0,9}{2,3}$	–	–	$\frac{0,026}{2,2}$	$\frac{2,7}{25,0}$	$\frac{0,04}{-}$
21	$\frac{0,07}{25,0}$	$\frac{0,16}{5,2}$	$\frac{0,075}{22,6}$	–	$\frac{3,0}{150}$	–	–	–	$\frac{0,009}{0,1}$	$\frac{0,06}{1,3}$	$\frac{3,6}{31,7}$	$\frac{0,08}{-}$
22	$\frac{0,08}{18,3}$	$\frac{0,14}{8,2}$	$\frac{0,09}{24,0}$	–	$\frac{4,5}{560}$	–	–	$\frac{0,15}{0,12}$	–	$\frac{0,07}{1,8}$	$\frac{7,1}{22,5}$	$\frac{0,09}{-}$
23	$\frac{0,08}{15,5}$	$\frac{0,14}{5,6}$	$\frac{0,063}{17,2}$	–	–	$\frac{0,45}{13,6}$	–	–	$\frac{0,05}{0,6}$	$\frac{0,45}{1,4}$	$\frac{6,2}{20,4}$	$\frac{0,1}{-}$
24	$\frac{0,10}{12,4}$	$\frac{0,12}{7,2}$	$\frac{0,045}{16,5}$	$\frac{0,0\ 009}{0,007}$	–	–	$\frac{1,4}{1,59}$	–	–	$\frac{0,82}{2,7}$	$\frac{3,1}{28,0}$	$\frac{0,025}{-}$
25	$\frac{0,11}{18,3}$	$\frac{0,11}{3,5}$	$\frac{0,091}{17,0}$	–	–	$\frac{0,33}{24,0}$	–	$\frac{0,08}{0,09}$	–	$\frac{0,73}{0,9}$	$\frac{1,8}{36,0}$	$\frac{0,05}{-}$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические рекомендации направлены на повышение уровня компетентности будущих бакалавров лесного дела, экологии и природопользования, а также садоводства в области метеорологии и климатологии в части охраны атмосферного воздуха. Цель работы – закрепление теоретических знаний в области экологического мониторинга атмосферного воздуха и контроля его загрязненности.

Приведенная информация дает основные представления о государственном экологическом мониторинге в Российской Федерации, его организации, методах наблюдения, контроля и оценки степени загрязнения атмосферного воздуха.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2009 г. [Текст]. – М., 2010.
2. Николаевский В.С., Николаевская Т.В. Методика определения предельно допустимых концентраций вредных газов для растительности / В.С. Николаевский, Т.В. Николаевская [Текст]. – М.: ЦБНТИ Госкомлеса СССР, 1988. –15 с.
3. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон от 26.06.2008 г.; принят Гос. Думой 11 июня 2008 года; одобрен Советом Федерации 18 июня 2008 года № 102-ФЗ [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ: принят Гос. Думой 20 декабря 2001 года; одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года[Текст].– М., 2002.
5. Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений: Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 22.12.2017 г. № 165. – М., 2017. – 35 с.
6. Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 13.02.2018 г. № 25. – М., 2018. – 205 с.
7. Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе: Приказ Минприроды России от 06.06.2017 г. № 273[Текст].– М., 2017.
8. Общие принципы производственно-экологического контроля и его метрологического обеспечения [Текст]: Информационно-технический справочник ИТС-22.1-2016. – М., 2016.
9. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года: утв. Президентом РФ от 30.04.2012 г. – М., 2012.
10. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Изд. 10, перераб. и доп. (ред. от 02.07.2018 г.) [Текст].– СПб: НИИ Атмосфера, 2015.
11. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений [Текст]: гигиенические нормативы ГН 2.1.6.3492-17. – М., 2017.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Предельно допустимые концентрации (ПДК)
и ориентировочнобезопасные уровни воздействия (ОБУВ)
некоторых наиболее распространенныхзагрязняющих веществ
в атмосферном воздухе городских и сельских поселений

№ п. п.	Наимено- вание вещества	Фор- мула	Предельно допустимые концентрации, мг/м ³		ОБУВ, мг/м ³	Лимити- рующий показатель вреда	Класс опас- ности
			Макси- мальная разовая	Средне- суточ- ная			
1	Азота диоксид	NO ₂	0,2	0,04	—	Рефлекторно- резорбтивное	3
2	Азота (II) оксид	NO	0,4	0,06	—	Рефлекторное	3
3	Азотная кислота	HNO ₃	0,4	0,15	—	—	2
4	Аммиак	NH ₃	0,2	0,04	—	Рефлекторно- резорбтивное	4
5	Ацетон (пропан-2-он)	C ₃ H ₆ O	0,35	—	—	Рефлекторное	4
6	Бенз(о)пирен	C ₂₀ H ₁₂	—	1 × 10 ⁻⁶	—	Резорбтивное	1
7	Бензин (нефтяной, малосер- нистый) в пересчете на углерод	—	5,0	1,5	—	Рефлекторно- резорбтивное	4
8	Бензол	C ₆ H ₆	0,3	0,1	—	Резорбтивное	2
9	Взвешенные вещества	—	0,5	0,15	—	Резорбтивное	3

Продолжение прил. 1

№ п. п.	Наимено- вание вещества	Фор- мула	Предельно допустимые концентрации, мг/м ³		ОБУВ, мг/м ³	Лимити- рующий показатель вредности	Класс опас- ности
			Макси- мальная разовая	Средне- суточ- ная			
10	Гексан-1-ол	C ₆ H ₁₄ O	0,8	0,2	–	Рефлекторно- резорбтивное	3
11	Дибутил- фталат	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	–	–	0,1	–	4
12	Дигидро- сульфид (сероводород)	SH ₂	0,008	–	–	Рефлекторное	2
13	Кальция хлорид	CaCl ₂	–	–	0,05	–	3
14	Керосин	–	–	–	1,2	–	–
15	Марганец и его соединения (в пересчете на марганец)	–	0,01	0,001	–	–	2
16	Меди оксид (в пересчете на медь)	CuO	–	0,002	–	Резорбтивное	2
17	Метанол (метиловый спирт)	CH ₄ O	1,0	0,5	–	Рефлекторно- резорбтивное	3
18	Мышьяк, не- органические соединения (в пересчете на мышьяк)	–	–	0,0003	–	Резорбтивное	1

Продолжение прил. 1

№ п. п.	Наимено- вание вещества	Фор- мула	Предельно допустимые концентрации, мг/м ³		ОБУВ, мг/м ³	Лимити- рующий показатель вредности	Класс опас- ности
			Макси- мальная разовая	Средне- суточ- ная			
19	Натрия гидроокись (натр едкий, сода каусти- ческая)	HNaO	—	—	0,01	—	—
20	Озон	O ₃	0,16	0,03	—	Резорбтивное	1
21	Полиэтилен (полиэтен)	(C ₂ H ₄) _n	—	—	0,01	—	—
22	Пыль абра- зивная (ко- рунд белый, монокорунд)	—	—	—	0,04	—	—
23	Пыль асбе- стосодержа- щая (с содер- жанием хри- зотиласбеста до 10 % по асбесту)	—	—	0,06 во- локон в мл воздуха	—	Резорбтивное	1
24	Пыль бумаги	—	—	—	0,1	—	—
25	Пыль древесная	—	—	—	0,5	—	—
26	Пыль меховая (шерстяная, пуховая)	—	—	—	0,03	—	—
27	Ртуть (ртуть металличе- ская)	Hg	—	0,0 003	—	Резорбтивное	1

Продолжение прил. 1

№ п. п.	Наимено- вание вещества	Фор- мула	Предельно допустимые концентрации, мг/м ³		ОБУВ, мг/м ³	Лимити- рующий показатель вредности	Класс опас- ности
			Макси- мальная разовая	Средне- суточ- ная			
28	Свинец и его неоргани- ческие соединения (в пересчете на свинец)	—	0,001	0,0 003	—	Резорбтивное	1
29	Серы диоксид (ангидрид сернистый)	O ₂ S	0,5	0,05	—	Рефлекторно- резорбтивное	3
30	Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	H ₂ O ₄ S	0,3	0,1	—	Рефлекторно- резорбтивное	2
31	Тетраэтил- свинец	C ₈ H ₂₀ Pb	0,0 001	0,00 004	—	Резорбтивное	1
32	Углерод (сажа)	C	0,15	0,05	—	Резорбтивное	3
33	Углерода оксид	CO	5,0	3,0	—	Резорбтивное	4
34	Формальде- гид	CH ₂ O	0,05	0,01	—	Рефлекторно- резорбтивное	2
35	Фуран-2- альдегид (фурфурол)	C ₅ H ₄ O ₂	0,08	0,04	—	Рефлекторно- резорбтивное	3
36	Хлор	Cl ₂	0,1	0,03	—	Рефлекторно- резорбтивное	2

Окончание прил. 1

№ п. п.	Наимено- вание вещества	Фор- мула	Предельно допустимые концентрации, мг/м ³		ОБУВ, мг/м ³	Лимити- рующий показатель вредности	Класс опас- ности
			Макси- мальная разовая	Средне- суточ- ная			
37	Хром шести- валентный (в пересчете на триоксида хрома)	—	—	0,0 015	—	—	1
38	Циклогексан	C ₆ H ₁₂	1,4	—	—	Рефлекторное	4
39	Цинка оксид (в пересчете на цинк)	OZn	—	0,05	—	Резорбтивное	3
40	Щавелевая (этандиовая) кислота	C ₂ H ₂ O ₄	—	—	0,015	—	—

Приложение 2

Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых наиболее распространенных вредных веществ в воздухе рабочей зоны

№ вещества	Наименование вещества	Формула	Величина ПДК _{м.р./} ПДК _{с.с.} , мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
1	2	3	4	5	6	7
1	Азота диоксид	NO ₂	2/–	п	3	О
2	Азот (II) оксид	NO	5/–	п	3	О
3	Аммиак	NH ₃	20/–	п	4	–
4	Бенз(о)пирен	C ₂₀ H ₁₂	–/0,0 015	а	1	К
5	Бензин (нефтяной, малосернистый) в пересчете на углерод	–	300/100	п	4	–
6	Бензол	C ₆ H ₆	15/5	п	2	К
7	Гексан-1-ол	C ₆ H ₁₄ O	10/–	п	3	–
8	Метан	CH ₄	7 000/–	п	4	–
9	Медь	Cu	1/0,5	а	2	–
10	Метанол	CH ₄ O	15/5	п	3	–
11	Мышьяк, Неорганические соединения (в пересчете на мышьяк), более 40 %	–	0,04/0,01	а	1	А

Окончание прил. 2

1	2	3	4	5	6	7
12	Озон	O ₃	0,1/–	п	1	О
13	Ртуть	Hg	0,01/0,005	п	1	–
14	Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)	–	–/0,05	а	1	–
15	Серы диоксид	SO ₂	10/–	п	3	–
16	Углеводороды предельные алифатические C _{1–10} (в пересчете на С)	C _{2–10} H _{6–24}	900/300	п	4	–
17	Углерода оксид	CO	20/–	п	4	О
18	Формальдегид	CH ₂ O	0,5/–	п	2	О, А
19	Фтор	F	0,03/–	п	1	О
20	Хлор	Cl ₂	1/–	п	2	О
21	Цинка оксид (в пересчете на цинк)	ZnO	1,5/0,5	а	2	–

Примечания:

1. В столбце 4 в знаменателе указана ПДК_{м.р.} – максимальная разовая предельно допустимая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны; в числителе указана среднесменная предельно допустимая концентрация (ПДК_{с.с.}).

2. В столбце 5 указано преимущественное агрегатное состояние вещества в воздухе в условиях производства:

«п» – пары и (или) газы;

«а» – аэрозоль.

3. В столбце 6 химические вещества по величине гигиенических нормативов разделены на четыре класса опасности:

1 класс – чрезвычайно опасные;

2 класс – высокоопасные;

3 класс – умеренно опасные;

4 класс – малоопасные.

4. В столбце 7 к гигиеническим нормативам для веществ с остронаправленным механизмом действия (требующим автоматического контроля за их содержанием в воздухе), канцерогенам, аллергенам и аэрозолям преимущественно фиброгенного действия использованы следующие обозначения:

«О» – вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе;

«А» – вещества, способные вызывать аллергические заболевания в производственных условиях;

«К» – промышленные канцерогены.

Вещества, выброс которых в атмосферу запрещен

№ п. п.	Наименование веществ
1	3'-Азидо-2',3'-дидезокситимидин; номер CAS 30516-87-1; формула – $C_{10}H_{13}N_5O_4$
2	Алкалоиды красавки (атропин, скополамин, белладонин, апоатропин и другие)
3	N_1 -[3-[(4-аминобутил)амино]пропил]блеомицинамид; номер CAS 11116-32-8; формула – $C_{57}H_{89}N_{19}O_{21}S_2$
4	1-(4-амино-6,7-диметокси-2-хиназолил)-4-(2-фуроил)пиперазина гидрохлорид
5	4-Амино- N_{10} -метилптероил глутаминовая кислота
6	Андрост-4-ен-1,17-дион
7	Апилак
8	Араноза
9	2-ацетил-1,2,3,4,6,11-гексагидро-6,11-диоксо-7-метокси-2,3,5,12-тетрагидрокси-4-[0-(2',3',6'-тридезокси-3'-амино-альфа-мексогексапиранозид)]нафтацен
10	1-ацетокси-11-бета, 17альфа-дигидроксипрегн-4-ен-3,20-дион
11	Бис-(бета-аминоэтил)дисульфид, дигидрохлорид
12	N,N'' -бис-(3-хлор-2-гидроксипропил)- N',N'' -диспиротрипипера-зиний дихлорид
13	3-[4-бис-(2-хлорэтил)аминофенил]бутановая кислота
14	4-бутиламинобензойной кислоты 2-диметиламиноэтиловый эфир, гидрохлорид
15	16альфа,17бета-(бутилиден-бис-(окси))-11,21-дигидропрегнена-1,4-диен-3,20-дион (смесь изомеров R и S 50:50)
16	Винкристина сульфат; номер CAS 2068-78-2; формула – $C_{46}H_{56}N_4O_{10} \times H_2SO_4$
17	4-гидроксикумарин

№ п. п.	Наименование веществ
18	Цис-диаминдихлорплатина (II)
19	11бета,21-дигидрокси-16альфа, 17альфа-изопропилендиокси-9альфа-фторпрегна-1,4-диен-3,20-дион
20	Ди(4-гидроксикумаринил-3) уксусной кислоты этиловый эфир
21	L-1-(3,4-дигидроксифенил)-2-аминоэтанол гидрохлорид
22	(3,4-дигидроксифенил)-2-изопропиламиноэтанол гидрохлорид
23	L-1-(3,4-дигидроксифенил)-2-метиламиноэтанол гидрохлорид (или гидротартрат)
24	Бета-(3,4-дигидроксифенил)этиламин гидрохлорид
25	2-[4(2-диметиламиноэтокси)фенил]-1-этил-1,2-дифенил этилена цитрат
26	Диоксидин-1,4-ди-N-окись
27	6альфа,9альфа-дифтор-16альфа, 17альфа-изопропилидендиоксипрегна 1,4-диен-11бета,21-диол-3,20-дион
28	2-(2,6-дихлорфениламино)имидазолин гидрохлорид
29	Доксорубицин(14-гидроксирубомицин)
30	Карминомицин
31	2альфа-метил-5альфа-андростан-17бета-ол-3-он
32	2альфа-метил-5альфа-андростан-17бета-ол-3-он капронат
33	2альфа-метил-5альфа-андростан-17бета-ол-3-он пропионат
34	2альфа-метил-5альфа-андростан-17бета-ол-3-он энантат
35	[(1R)-3-метил-1-[[(2S)-1-оксо-3-фенил-2-[(пиразинил-карбонил)амино]- пропил]амино]бутил] бороновая кислота; номер CAS 179324-69-7; формула C ₁₉ H ₂₅ BN ₄ O ₄
36	4-[(4-метил-1-пиперазинил)метил]-N-[4-метил-3-[[4-(3-пиридинил)-2- пиримидинил]амино]фенил]бензамида мезилат; номер CAS 152459-95-5; формула – C ₃₀ H ₃₅ N ₇ SO ₄

№ п. п.	Наименование веществ
37	Нитрозометилмочевина; номер CAS 684-93-5; формула – $C_2H_5N_3O_2$
38	Оливомицин
39	Прегнадиен-1,4-триол-11бета,17альфа,21-дион-3,20-сукцината динатриевая соль
40	Прегнен-4-ин-20-ол-17бета-он-3
41	Прегнен-4-ол-21-диола-3,20 ацетат
42	Псорален (смесь изомерных фурокумаринов псоралена и изопсоралена)
43	Пыль наркотических анальгетиков
44	11бета,17альфа-21-тригидроксипрегна-1,4-диен-3,20-дион
45	3-(1-фенил-2-ацетилэтил)-4-гидроксикумарин
46	7-хлор-2,3-дигидро-1-метил-5-фенил-1Н-1,4-бензодиазепинон
47	Эметина гидрохлорид
48	17-этинилэстра-1,3,5(10)-триендиол; синонимы – эстрадиол, микрофоллин форте; Dioqyn E; Diolin; Estiqyn; Estinyl; Ethynilesradiol и другие; номер CAS 57-63-6; формула – $C_{20}H_{24}O_2$

Перечень некоторых веществ, обладающих эффектом суммации

№ п. п.	Название вещества
1	Азота диоксид, гексан, углерода оксид, формальдегид
2	Аммиак, формальдегид
3	Серы диоксид, серная кислота
4	Циклогексан и бензол
5	Азота диоксид, серы диоксид, углерода оксид, фенол
6	Серы диоксид, фенол
7	Сероводород, формальдегид
8	Свинца оксид, серы диоксид
9	Серы диоксид, сероводород
10	Аммиак, сероводород, формальдегид
11	Ацетон, фенол
12	Озон, азота диоксид, формальдегид